

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 月 3 1 日
Date of Application:

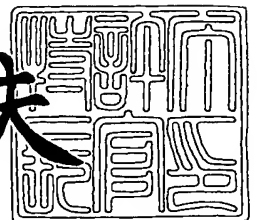
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 2 5 1 4 7
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 2 5 1 4 7]

出 願 人 信越半導体株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 9 月 1 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 7 6 0 6 0

【書類名】 特許願

【整理番号】 AX0307952S

【提出日】 平成15年 1月31日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 33/00

【発明者】

【住所又は居所】 群馬県安中市磯部二丁目 1 3 番 1 号 信越半導体株式会社
社 半導体磯部研究所内

【氏名】 萩本 和徳

【発明者】

【住所又は居所】 群馬県安中市磯部二丁目 1 3 番 1 号 信越半導体株式会社
社 半導体磯部研究所内

【氏名】 能登 宣彦

【特許出願人】

【識別番号】 000190149

【氏名又は名称】 信越半導体株式会社

【代理人】

【識別番号】 100095751

【弁理士】

【氏名又は名称】 菅原 正倫

【電話番号】 052-212-1301

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-345645

【出願日】 平成14年11月28日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003388

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9901665

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 発光素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 化合物半導体よりなる発光層部の一方の主表面を光取出面とし、該発光層部の他方の主表面側に素子基板が結合されるとともに、該素子基板と前記発光層部との間に、A g、R u、R h、R e、O s、I r 及び P t のいずれかを主成分に構成された、該発光層部からの光を前記光取出面側に反射させる反射金属層を介在させたことを特徴とする発光素子。

【請求項 2】 前記発光層部はピーク発光波長が 670 nm 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の発光素子。

【請求項 3】 前記反射金属層は A g を主成分とする A g 系反射金属層であることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の発光素子。

【請求項 4】 前記発光層部はピーク発光波長が 350 nm 以上 670 nm 以下であることを特徴とする請求項 3 記載の発光素子。

【請求項 5】 前記発光層部はピーク発光波長が 450 nm 以上 580 nm 以下であることを特徴とする請求項 4 記載の発光素子。

【請求項 6】 前記発光層部は、 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ (ただし、 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$) 又は $In_xGa_yAl_{1-x-y}N$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $x + y \leq 1$) により、第一導電型クラッド層、活性層及び第二導電型クラッド層がこの順序にて積層されたダブルヘテロ構造を有するものとして構成されていることを特徴とする請求項 5 記載の発光素子。

【請求項 7】 前記 A g 系反射金属層を、A u G e N i 接合層を介して前記発光層部に接合したことを特徴とする請求項 3 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の発光素子。

【請求項 8】 前記 A u G e N i 接合層を前記 A g 系反射金属層の主表面上に分散形成したことを特徴とする請求項 7 記載の発光素子。

【請求項 9】 前記 A g 系反射金属層に対する前記 A u G e N i 接合層の形成面積率が 1 % 以上 25 % 以下であることを特徴とする請求項 8 記載の発光素子。

【請求項 10】 前記 A g 系反射金属層を、A g を主成分とする A g 系接合層を介して前記発光層部に接合したことを特徴とする請求項 3 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の発光素子。

【請求項 11】 前記 A g 系接合層を前記 A g 系反射金属層の主表面上に分散形成したことを特徴とする請求項 10 記載の発光素子。

【請求項 12】 前記 A g 系反射金属層に対する前記 A g 系接合層の形成面積率が 1 % 以上 25 % 以下であることを特徴とする請求項 11 記載の発光素子。

【請求項 13】 前記 A g 系反射金属層は、前記 A g 系接合層よりも A g 含有率が高く設定されてなることを特徴とする請求項 10 ないし請求項 12 のいずれか 1 項に記載の発光素子。

【請求項 14】 前記 A g 系接合層は、A g を主成分として N i と G e を含有する A g G e N i 合金であることを特徴とする請求項 7 ないし請求項 10 記載の発光素子。

【請求項 15】 前記 A g 系反射金属層が、該 A g 系反射金属層と接する保護金属層を介して前記発光層部に接合されていることを特徴とする請求項 3 ないし請求項 14 のいずれか 1 項に記載の発光素子。

【請求項 16】 前記保護金属層が A u を主成分とする A u 系金属層とされることを特徴とする請求項 15 記載の発光素子。

【請求項 17】 前記保護金属層の厚みが 0.5 nm 以上 15 nm 以下とされることを特徴とする請求項 15 又は請求項 16 に記載の発光素子。

【請求項 18】 前記反射金属層が、結合用金属層を介して前記素子基板に接合されていることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 17 のいずれか 1 項に記載の発光素子。

【請求項 19】 前記結合用金属層が A u を主成分とする A u 系金属層であることを特徴とする請求項 18 記載の発光素子。

【請求項 20】 前記反射金属層が、該反射金属層の側からこの順序で互いに接して配置される、前記結合用金属層をなす第一 A u 系層と第二 A u 系層とを介して前記素子基板と結合されてなることを特徴とする請求項 19 記載の発光素子。

【請求項 21】 請求項 20 記載の発光素子の製造方法であって、

前記化合物半導体層の前記光取出面になるのと反対側の主表面を貼り合わせ側主表面として、該貼り合わせ側主表面に前記反射金属層を形成し、該反射金属層上に Au を主成分とする前記結合用金属層となる第一 Au 系層を配置し、

前記素子基板の、前記発光層部側に位置することが予定された主表面を貼り合わせ側主表面として、該貼り合わせ側主表面に Au を主成分とする前記結合用金属層となる第二 Au 系層を配置し、

それら第一 Au 系層と第二 Au 系層とを密着させて貼り合わせることを特徴とする発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は発光素子及び発光素子の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

【特許文献 1】

特開平 7-66455 号公報

【特許文献 2】

特開 2001-339100 号公報

【0003】

発光ダイオードや半導体レーザー等の発光素子に使用される材料及び素子構造は、長年にわたる進歩の結果、素子内部における光電変換効率が理論上の限界に次第に近づきつつある。従って、一層高輝度の素子を得ようとした場合、素子からの光取出し効率が極めて重要となる。例えば、AlGaInP 混晶により発光層部が形成された発光素子は、薄い AlGaInP（あるいは GaInP）活性層を、それよりもバンドギャップの大きい n 型 AlGaInP クラッド層と p 型 AlGaInP クラッド層とによりサンドイッチ状に挟んだダブルヘテロ構造を採用することにより、高輝度の素子を実現できる。このような AlGaInP ダブルヘテロ構造は、AlGaInP 混晶が GaAs と格子整合することを利用し

て、GaAs 単結晶基板上に AlGaInP 混晶からなる各層をエピタキシャル成長させることにより形成できる。そして、これを発光素子として利用する際には、通常、GaAs 単結晶基板をそのまま素子基板として利用することも多い。しかしながら、発光層部を構成する AlGaInP 混晶は GaAs よりもバンドギャップが大きいので、発光した光が GaAs 基板に吸収されて十分な光取出し効率が得られにくい難点がある。この問題を解決するために、半導体多層膜からなる反射層を基板と発光素子との間に挿入する方法（例えば特許文献 1）も提案されているが、積層された半導体層の屈折率の違いを利用するため、限られた角度で入射した光しか反射されず、光取出し効率の大幅な向上は原理的に期待できない。

【0004】

そこで、特許文献 2 をはじめとする種々の公報には、成長用の GaAs 基板を剥離する一方、補強用の導電性基板を、反射層を兼ねた Au 層を介して剥離面に貼り合わせる技術が開示されている。この Au 層は反射率が高く、また、反射率の入射角依存性が小さい利点がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、本発明者らが検討したところによると、反射層として Au 層を用いると、発光層部の波長によっては十分な反射効果が得られず、光取出し効率が思ったほど顕著に向上しないことがわかった。

【0006】

本発明の課題は、反射金属層を用いた発光素子において、光取出効率が高く、しかも波長依存性が小さい発光素子及びその製造方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段及び作用・効果】

上記の課題を解決するために、本発明の発光素子は、化合物半導体よりなる発光層部の一方の主表面を光取出面とし、該発光層部の他方の主表面側に素子基板が結合されるとともに、該素子基板と発光層部との間に、Ag、Ru、Rh、Re、Os、Ir 及び Pt のいずれかを主成分に構成された、該発光層部からの光

を光取出面側に反射させる反射金属層を介在させたことを特徴とする。なお、本明細書において「主成分」とは、最も質量含有率の高い成分のことをいう。

【0008】

上記金属元素を主成分とする反射金属層は、Au系金属よりなる反射金属層と比べて反射率の波長依存性が小さく、かつ反射率も高い。その結果、素子の発光波長によらず高い光取出効率を実現できる。具体的には、本発明にて採用するAg、Ru、Rh、Re、Os、Ir及びPtは、可視光域（350nm以上700nm）の全域に渡って高い反射率を確保でき、また貴金属であるため、Alのような金属と比較すれば酸化皮膜等の形成による反射率低下も生じにくい。

【0009】

反射金属層は、Agを主成分とするAg系反射金属層とすることが特に望ましい。Agは比較的安価である上、可視光の略全波長域に渡って良好な反射率を示す。従って、反射光の波長依存性をより小さくすることができ、反射率も高くすることができる。

【0010】

図9は、鏡面研磨した種々の金属表面の反射スペクトルを示すものであり、プロット点「■」はAgの反射スペクトルを、プロット点「△」はAuの反射スペクトルを、プロット点「◇」はAlの反射スペクトル（比較例）である。また、プロット点「×」はAgPdCu合金である。Agの反射スペクトルは、350nm以上700nm以下（また、それより長波長側の赤外域）、特に、380nm以上700nm以下にて、可視光の反射率が特に良好である。

【0011】

他方、Auは有色金属であり、図9に示す反射スペクトルからも明らかなように、波長670nm以下の可視光域に強い吸収があり（特に650nm以下：600nm以下ではさらに吸収が大きい）、発光層部のピーク発光波長が670nm以下に存在する場合に反射率低下が著しくなる。その結果、総発光強度が低下しやすいほか、取り出される光のスペクトルが、吸収により本来の発光スペクトルとは異なるものとなり、発光色調の変化も招きやすくなる。しかしながら、本発明にて採用するAg、Ru、Rh、Re、Os、Ir及びPtは、波長670

nm以下の可視光域においても反射率は極めて良好である。すなわち、発光層部のピーク発光波長が670nm以下（特に650nm以下、さらには600nm以下）である場合、本発明の採用により、Auよりもはるかに高い光取出し効率を実現できる。

【0012】

他方、図9に示すように、Alの反射スペクトルにおいても吸収ピークは生じないが、酸化皮膜形成による反射率低下があるため、可視光域での反射率は多少低い値（例えば85～92%）に留まっている。しかし、本発明にて採用する金属は貴金属であり、酸化皮膜が形成されにくいため、Alよりも高い反射率を可視光域に確保できる。例えば、図9に示すAgの場合、波長400nm以上（特に450nm以上）においてAlよりも良好な反射率を示していることがわかる。

【0013】

なお、図9のAlの反射スペクトルは、鏡面研磨と化学研磨により、表面酸化皮膜の形成を抑制した状態で調整したAl表面について測定したものであり、実際には酸化皮膜が厚く形成されることにより、図9に示すデータよりもさらに反射率が低下する可能性がある。例えば、Agの場合、図9においては、350nm～400nmの短波長域ではAlより反射率が劣っているが、酸化皮膜がAlよりもはるかに形成されにくい。従って、実際に発光素子上に反射金属層として形成した場合は、Ag系の反射金属層の採用により、この波長域においてもAlを上回る反射率を達成することが可能である。また、この波長域でも、Agの反射率はAuと比較すればはるかに高い。

【0014】

以上を総合すれば、350nm以上670nm以下（望ましくは400nm以上650nm以下、さらに望ましくは450nm以上600nm以下）の波長域にピーク発光波長を有する発光層部の場合、Ag系の反射金属層は、光取出効率の改善効果がAlやAuに勝って特に顕著になるといえる。Ag系の反射金属層は、例えば青色系あるいは緑色系の発光、つまりピーク波長が450nm以上580nm以下の光に対しても良好な反射率を示す。すなわち、発光層部のピーク

発光波長が350 nm以上670 nm以下のとき、Ag系の反射金属層を採用することにより、青色系あるいは緑色系の発光に対して、光取出効率を顕著に向上させることができる。

【0015】

上記のようなピーク発光波長を有する発光層部は、例えば $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ (ただし、 $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$) 又は $In_xGa_yAl_{1-x-y}N$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $x + y \leq 1$) により、第一導電型クラッド層、活性層及び第二導電型クラッド層がこの順序にて積層されたダブルヘテロ構造を有するものとして構成することができる (なお、適用対象となる反射金属層はAg系のものに限らず、Ru、Rh、Re、Os、Ir及びPtのいずれかを主成分に構成されたものであってもよい)。

【0016】

また、上記構造の発光層部は、ピーク発光波長が450 nm以上580 nm以下、すなわち青色から緑色の発光を得るのに好都合であり、該発光層部と、Ag系の反射金属層の採用をすれば、発光効率の極めて高い青色系ないし緑系の発光素子を実現することができる。

【0017】

反射金属層は、発光層部への通電経路の一部をなす。反射金属層をAg系反射金属層として形成する場合、これを化合物半導体よりなる発光層部に直接接合すると、接触抵抗が高くなり、直列抵抗が増加して発光効率が低下する場合がある。そこで、Ag系反射金属層は、Agを主成分とするAg系接合層を介して発光層部に接合することが、接触抵抗の低減を図る上で望ましい。なお、Ag系接合層は、Ag系反射金属層と比較すれば、化合物半導体層と合金化により反射率が劣る。そこで、Ag系接合層をAg系反射金属層の主表面上に分散形成しておけば、接合層の非形成領域ではAg系反射金属層による高い反射率を確保できる。

【0018】

また、Ag系接合層に代えて、Auを主成分としたAu系接合層 (例えばAuGeNi接合層) を用いることも可能である。しかし、前述のAg系接合層は合金化を生ずるとはいえ、青色や緑色の光、具体的にはピーク発光波長が450 nm

m以上580nm以下の光に対する反射率が、Au系接合層と比較すればはるかに高い。従って、Ag系接合層の採用により、青色や緑色の光に対する光取出効率をより改善することができる。またAg系接合層はAu系接合層よりも安価である。

【0019】

なお、光取出効果を十分に高めるために、Ag系反射金属層に対するAg系接合層（あるいはAu系接合層）の形成面積率（Ag系反射金属層の全面積にて前記接合層の形成面積を除いた値である）は1%以上25%以下とすることが望ましい。前記接合層の形成面積率が1%未満では接触抵抗の低減効果が十分でなくなり、25%を超えると反射強度が低下することにつながる。

【0020】

Ag系反射金属層は、Ag系接合層よりもAg含有率を高く設定しておくことで、Ag系接合層の非形成領域において、Ag系反射金属層の反射率を一層高めることができる。Ag系反射金属層の材質として、Ag含有率が95質量%以上の金属、より具体的には純Ag（ただし、1質量%以内であれば不可避不純物を含有してもよい）を採用することにより、上記の効果は一層高められる。一方、Ag系反射金属層は、Pdを含有したAg合金により構成することもできる。Pdを含有したAg合金は、耐硫化性及び耐酸化性が良好であり、硫化ないし酸化に由来した反射率の劣化の防止に効果がある。また、後述の結合用金属層との接合強度も高めることができる。

【0021】

Ag系接合層は、Agを主成分としてNiとGeを含有するAgGeNi合金を採用することにより、良好なオーミックコンタクトを特に容易に形成できる。また、AgGeNi合金よりなるAg系接合層は、Ag系反射金属層との密着性も高い。本発明に好適に採用できるAgGeNi合金の具体的な組成は、例えばGe:0.1質量%以上25質量%以下、Ni:0.1質量%以上20質量%以下、残部Agであり、この範囲外の組成では接触抵抗低減効果が十分に得られない場合がある。

【0022】

素子基板と発光層部とを反射金属層を挟んで接合する場合、反射金属層を素子基板側に形成しておいてから、その反射金属層に発光層部を接合してもよいし、発光層部側に反射金属層を形成しておいてから、これに素子基板を接合してもよい。また、発光層部側に反射金属層を含む第一金属層を形成し、素子基板に形成した第二金属層と該第一金属層とを接合することも可能である。金属層の具体的な形成方法としては、真空蒸着やスパッタリングなどの気相成膜法のほか、無電解メッキあるいは電解メッキなどの電気化学的な成膜法を採用することもできる。

【0023】

反射金属層をなす Ag 系反射金属層を発光層部に接合する製法を採用する場合、接合前の Ag 系反射金属層の表面が酸化や硫化により光沢が減少したり、あるいは着色したりすることがあり、いずれも、反射強度の低下につながる。そこで、Ag 系反射金属層を、該 Ag 系反射金属層と接する保護金属層を介して発光層部に接合すれば、Ag 系反射金属層の酸化や硫化が効果的に防止される。また、保護金属層を適度に薄く形成することで、発光層部からの光は、保護金属層が介在しているにもかかわらず、Ag 系金属の特徴（高反射強度及び低波長依存性）を反映した良好な反射特性が得られる。該効果は、具体的には、保護金属層の厚さ調整により、層を島状に形成し、その島間領域にて Ag 系反射金属層を露出させる構造とするか、あるいは、トンネル効果による光透過効果が顕著となるように、保護金属層の厚みを反射すべき光の波長よりも十分小さい厚さとするかの、いずれかにより達成できる。

【0024】

該保護金属層は、化学的に安定な Au を主成分とする Au 系金属層に構成すれば、Ag 系反射金属層に対する保護効果が特に顕著である。なお、Ag より貴な金属であれば、Au 系金属以外にも、Ru、Rh、Re、Os、Ir 及び Pt を主成分とする金属を保護金属層の材質として採用してもよい。

【0025】

保護金属層を過度に厚く形成すると、Ag 系反射金属層よりも保護金属層の反射特性が優位となり、Ag 系反射金属層特有の高反射率ないし低波長依存性の効

果が損なわれることにつながる。また、保護金属層が薄すぎると、A g 系反射金属層を酸化や硫化から保護する効果が十分に得られなくなる。この観点から、保護金属層の厚みは 0.5 nm 以上 15 nm 以下とすることが望ましい。

【0026】

素子基板は導電性基板とすることにより、基板自体を、発光素子を駆動するための導通路の一部として利用でき、素子構造の簡略化を図ることができる。導電性基板としては A l や C u ないしそれらの合金よりなる金属基板を使用することもできるが、安価な S i 基板（多結晶基板又は単結晶基板：前者は特に安価である）を用いるとより有利である。

【0027】

次に、反射金属層を素子基板に直接接合するのが困難な場合は、結合用金属層を介して反射金属層を素子基板に接合することができる。結合用金属層としては、A u を主成分とする A u 系金属層が酸化等の影響を受けにくく、素子基板との結合力も確保しやすい。また、素子基板を S i 基板にて構成する場合、A u 系金属層を結合用金属層として用いれば、該 S i 基板との接合抵抗も概して低くできる。さらに、A g 系反射金属層を用いる場合は、A u 系金属層よりなる結合用金属層を、A g 系反射金属層に容易に接合できる。

【0028】

この場合、反射金属層は、該反射金属層の側からこの順序で互いに接して配置される、結合用金属層をなす第一 A u 系層と第二 A u 系層とを介して素子基板と結合されたものとすることができる。また、本発明の発光素子の製造方法は、上記構成の発光素子を製造するためのものであって、

化合物半導体層の光取出面になるのと反対側の主表面を貼り合わせ側主表面として、該貼り合わせ側主表面に反射金属層を形成し、該反射金属層上に A u を主成分とする結合用金属層となる第一 A u 系層を配置し、

素子基板の、発光層部側に位置することが予定された主表面を貼り合わせ側主表面として、該貼り合わせ側主表面に A u を主成分とする結合用金属層となる第二 A u 系層を配置し、

それら第一 A u 系層と第二 A u 系層とを密着させて貼り合わせることを特徴と

する。

【0029】

上記の発明によると、化合物半導体層側と素子基板側に第一及び第二の各Au系層を振り分けて形成し、これらを相互に密着させて貼り合わせる。Au系層同士は比較的低温でも容易に一体化するので、貼り合せの熱処理温度が低くとも十分な貼り合せ強度が得られ、かつ、Au系層を含む金属反射層の反射面も良好な状態のものを容易に形成することができる。

【0030】

この場合、第一Au系層と第二Au系層とをいずれもAu含有率が95質量%以上のものとすれば、素子基板と化合物半導体層との貼り合わせが一層容易となり、かつ貼り合わせ強度もより高めることができる。Au系層（ひいては、第一Au系層と第二Au系層）の材質として、より具体的には純Au（ただし、1質量%以内であれば不可避不純物を含有してもよい）を採用することにより、上記の効果は一層高められる。

【0031】

このようにAu系層を用いつつも、上記の方法により貼り合せ熱処理の温度を低下させることができる効果は、素子基板としてSi基板を用いる場合に、特に顕著となる。すなわち、Si基板はAuとの共晶温度が低いが、Au系層同士の貼り合わせであれば、上記共晶温度よりも十分低い温度で貼り合わせ熱処理を行なうことが可能であり、良好な反射率と貼り合わせ強度とを確保することができる。また、貼り合せ熱処理温度の低下は、拡散阻止層が配置されていることとも相俟って、Au系層へのSiの拡散を一層効果的に抑制でき、最終的に得られる反射金属層が形成する反射面を、良好な反射率を有するものとして形成できる。

【0032】

なお、Au系層に対する基板側あるいは化合物半導体層側からの拡散や反応の影響を抑制するため、貼り合わせ熱処理温度の上限は360℃に設定することが望ましい。例えば、素子基板としてはSi基板を用いることができる。Si基板はドーピングにより発光素子として十分な導電性を容易に確保することができ、しかも安価である。しかし、SiはAu中へ拡散を起しやすく、また比較的低温

で共晶反応を起しやすい（Au-Si 二元系の共晶温度は 363℃である）。従って、貼り合わせの熱処理温度が少しでも過度に高くなると、金属反射層中の Au 系層へ素子基板をなす Si が多量に拡散したり共晶反応を起したりし、反射率の低下を極めて招きやすい。しかしながら本発明のごとく、Au 系層同士の貼り合わせによりその熱処理温度を 360℃以下に設定することで、上記共晶温度よりも十分低い温度で貼り合わせ熱処理を行なうことが可能であり、良好な反射率と貼り合わせ強度とを確保することができる。

【0033】

なお、III-V 族化合物半導体よりなる化合物半導体層が用いられる場合は、上記貼り合わせ熱処理温度を 180℃よりも高温に設定することが望ましい場合がある。第一 Au 系層と第二 Au 系層とを密着させて外部の熱源により貼り合わせ熱処理を行う際に、第一 Au 系層側へは化合物半導体層を介して熱が伝達されるが、III-V 族化合物半導体は一般に、Si などの他の半導体と比較すれば熱伝導率が低い。そのため、貼り合わせ熱処理温度が過度に低くなると、III-V 族化合物半導体層により第一 Au 系層への熱伝達が阻害され、第二 Au 系層との強固な貼り合わせ状態を得ることができなくなる。そこで、貼り合わせ熱処理温度は 180℃よりも高く設定することにより、III-V 族化合物半導体層の熱伝導率がそれほど高くない場合でも、第一 Au 系層と第二 Au 系層を十分な強度にて貼り合わせることができるようになる。特に、化合物半導体層が、III 族元素が Al、Ga 及び In より選ばれる 1 種以上からなり、V 族元素が P 及び As より選ばれる 1 種以上からなる場合（例えば、 $(Al_x Ga_{1-x})_y In_{1-y} P$ （ただし、 $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ ））に、該効果は特に顕著となる。

【0034】

化合物半導体層を $(Al_x Ga_{1-x})_y In_{1-y} P$ （ただし、 $0 \leq x \leq 1$ ， $0 \leq y \leq 1$ ）にて形成する場合、該化合物半導体層の貼り合わせ側主表面に AgGeNi コンタクト層を形成し、該 AgGeNi コンタクト層を覆うように Ag 系反射金属層を形成することが好ましい。この場合、AgGeNi コンタクト金属と化合物半導体層との合金化熱処理を例えば、350℃以上 660℃以下に

て行なうことにより、接触抵抗の低減効果が高められる。

【0035】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を添付の図面を参照して説明する。

図1は、本発明の一実施形態である発光素子100を示す概念図である。発光素子100は、素子基板をなす導電性基板であるn型Si（シリコン）単結晶よりなるSi基板7の一方の主表面上に、金属層10を介して発光層部24が貼り合わされた構造を有してなる。

【0036】

発光層部24は、ノンドープ（ $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}$ ） $_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ （ただし、 $0 \leq x \leq 0.55$ 、 $0.45 \leq y \leq 0.55$ ）混晶からなる活性層5を、第一導電型クラッド層、本実施形態ではp型（ $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}$ ） $_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ （ただし $x < z \leq 1$ ）からなるp型クラッド層6と、前記第一導電型クラッド層とは異なる第二導電型クラッド層、本実施形態ではn型（ $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}$ ） $_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ （ただし $x < z \leq 1$ ）からなるn型クラッド層4とにより挟んだ構造を有し、活性層5の組成に応じて、発光波長を、緑色から赤色領域（発光波長（ピーク発光波長）が550nm以上670nm以下）にて調整できる。図1の発光素子100では、金属電極9側にp型AlGaInPクラッド層6が配置されており、金属層10側にn型AlGaInPクラッド層4が配置されている。従って、通電極性は金属電極9側が正である。なお、ここでいう「ノンドープ」とは、「ドーパントの積極添加を行なわない」との意味であり、通常の製造工程上、不可避免的に混入するドーパント成分の含有（例えば $10^{13} \sim 10^{16} / \text{cm}^3$ 程度を上限とする）をも排除するものではない。

【0037】

また、発光層部24の基板7に面しているのと反対側の主表面上には、AlGaAsよりなる電流拡散層20が形成され、その主表面の略中央に、発光層部24に発光駆動電圧を印加するための金属電極（例えばAu電極）9が、該主表面の一部を覆うように形成されている。電流拡散層20の主表面における、金属電極9の周囲の領域は、発光層部24からの光取出領域をなす。また、Si単結晶

基板 7 の裏面にはその全体を覆うように Au 系接合層である Au Sb 接合層 16 が形成され、これと接して金属電極（裏面電極）15 が形成されている。

【0038】

Si 単結晶基板 7 は、Si 単結晶インゴットをスライス・研磨して製造されたものであり、その厚みは例えば $100\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $500\text{ }\mu\text{m}$ 以下である。そして、発光層部 24 に対し、金属層 10 を挟んで貼り合わされている。

【0039】

金属層 10 は、発光層部 24 側の反射金属層 10a と、Si 基板 7 側の結合用金属層 10b とからなり、反射金属層 10a と結合用金属層 10b 同士が互いに接している。反射金属層 10a は Ag 層（以下、Ag 系反射金属層 10a という）であり、結合用金属層 10b は Au 層（以下、Au 系結合用金属層 10b という）である。発光層部 24 と Ag 系反射金属層 10a との間には、Ag 系接合層としての Ag Ge Ni 接合層 32（Au 系接合層としての Au Ge Ni 接合層であってもよい）が形成されており、素子の直列抵抗低減に貢献している。Ag Ge Ni 接合層 32 は、Ag 系反射金属層 10a の主表面上に分散形成され、その形成面積率は 1% 以上 25% 以下である。また、Si 基板 7 と Au 系結合用金属層 10b との間には Au 系接合層である Au Sb 接合層 31 が形成されている。

【0040】

発光層部 24 からの光は、光取出面側に直接放射される光に、Ag 系反射金属層 10a による反射光が重畳される形で取り出される。Au 系金属反射層を用いた従来の発光素子は、Al Ga In P を用いた発光層部の場合、 550 nm 以上 600 nm 以下、特に、 580 nm までの緑系の発光波長のとき、Au 系金属反射層による吸収が大きくなり、反射率が低下しやすい欠点がある。しかしながら、本実施形態の発光素子 100 のように Ag 系反射金属層 10a を用いると、上記のような発光波長の発光層部 24 を形成した場合も反射率が低下せず、素子の光取出し効率を著しく高めることができる。

【0041】

なお、Ag 系反射金属層 10a の厚さは、反射効果を十分に確保するため、 80 nm 以上とすることが望ましい。また、厚さの上限には制限は特にないが、反

射効果が飽和するため、コストとの兼ね合いにより適当に定める（例えば $1\ \mu\text{m}$ 程度）。

【0042】

以下、図1の発光素子100の製造方法について説明する。

まず、図2の工程1に示すように、発光層成長用基板をなす半導体単結晶基板であるGaAs単結晶基板1の主表面に、p型GaAsバッファ層2を例えば $0.5\ \mu\text{m}$ 、AlAsからなる剥離層3を例えば $0.5\ \mu\text{m}$ 、さらにp型AlGaAsよりなる電流拡散層20を例えば $5\ \mu\text{m}$ 、この順序にてエピタキシャル成長させる。また、その後、発光層部24として、 $1\ \mu\text{m}$ のp型AlGaInPクラッド層6、 $0.6\ \mu\text{m}$ のAlGaInP活性層（ノンドープ）5、及び $1\ \mu\text{m}$ のn型AlGaInPクラッド層4を、この順序にエピタキシャル成長させる。

【0043】

次に、工程2に示すように、発光層部24の主表面に、AgGeNi接合層32を分散形成する。AgGeNi接合層32を形成後、次に、 350°C 以上 500°C 以下の温度域でシンター処理を行ない、その後、AgGeNi接合層32を覆うようにAg系反射金属層10aを形成する。発光層部24とAgGeNi接合層32との間には、上記シンター処理によりアロイ層が形成され、オーミック接触が形成されて直列抵抗が大幅に低減される。他方、工程3に示すように、別途用意したSi単結晶基板7（n型）の両方の主表面にAuSb接合層31、16を形成し、 250°C 以上 500°C 以下の温度域でシンター処理を行なう。そして、AuSb接合層31上にはAu系結合用金属層10bを、AuSb接合層16上には裏面電極層15（例えばAu系金属よりなるもの）をそれぞれ形成する。以上の工程で各金属層は、スパッタリングあるいは真空蒸着等を用いて行なうことができる。なお、Si単結晶基板の表面に高濃度の不純物（例えばSb）をドープした基板を用いる場合は、Au又は上記不純物を含有するAu合金（例えばAuSb）を基板表面に蒸着すれば、シンター処理を敢えて実施しなくともオーミック接触を形成できる。

【0044】

そして、工程4に示すように、Si単結晶基板7のAu系結合用金属層10b

を、発光層部 24 上に形成された A g 系反射金属層 10 a に重ね合わせて圧迫して熱処理することにより、基板貼り合わせ体 50 を作る。S i 単結晶基板 7 は、A g 系反射金属層 10 a 及び A u 系結合用金属層 10 b を介して発光層部 24 に貼り合わせられる。

【0045】

上記の貼り合わせ工程では、熱処理時に、A u 系結合用金属層 10 b の A u と、A g 系反射金属層 10 a の A g と、S i 基板の S i との 3 元共晶反応が介在する。例えば、熱処理温度が高すぎたり、あるいは A g 系金属反射層 10 a が薄すぎたりすると、共晶液相が過剰に生じ、A g 系反射金属層 10 a の大部分が共晶化して良好な反射面を形成できなくなる。これを防止するために、貼り合わせの熱処理温度は 50℃以上 360℃以下に設定することが望ましい。熱処理温度が 360℃を超えると共晶液相が過剰に生じて良好な反射面を形成できなくなり、50℃未満では貼り合わせ強度が不十分となる。また、共晶液相が過剰に生じないためには、A g 系反射金属層 10 a よりも A u 系結合用金属層 10 b の厚さを小さくしておくこと（例えば 1/5 以下）が望ましい。なお、より確実な貼り合わせ強度を得るために、貼り合わせの熱処理温度は、望ましくは 180℃を超え、かつ 360℃以下に設定するのがよい。

【0046】

次に、工程 5 に進み、上記基板貼り合わせ体 50 を、例えば 10% フッ酸水溶液からなるエッチング液に浸漬し、バッファ層 2 と発光層部 24 との間に形成した A l A s 剥離層 3 を選択エッチングすることにより、G a A s 単結晶基板 1（発光層部 24 からの光に対して不透明である）を、発光層部 24 とこれに接合された S i 単結晶基板 7 との積層体 50 a から剥離する。

【0047】

そして、工程 6 に示すように、G a A s 単結晶基板 1 の剥離により露出した電流拡散層 20 の主表面の一部を覆うように、ワイヤボンディング用の電極 9（ボンディングパッド：図 1）を形成する。以下、通常の方法によりダイシングして半導体チップとし、これを支持体に固着してリード線のワイヤボンディング等を行なった後、樹脂封止をすることにより最終的な発光素子が得られる。

【0048】

以下、本発明の種々の変形例について説明する。

反射金属層 10a（ここでは Ag 層）と結合用金属層 10b（ここでは Au 層）とは、これらを直接接合するのではなく、図 3 に示すように、ろう材層 10s を介して接合することもできる。この場合、反射金属層 10a と結合用金属層 10b とをろう材ペースト（あるいはろう材箔）層 10s' を介して重ね合わせ、ろう付け熱処理することにより接合可能である。ろう材としては、Sn 系あるいは Sn-Pb 系など、液相線温度が 363℃ 以下の半田を用い、ろう付け熱処理を該温度以下にて行なうと、Au-Si の共晶形成を回避しつつ、反射金属層 10a と結合用金属層 10b とを接合することができる。また、図 4 に示すように、反射金属層 10a と結合用金属層 10b とを、導電性接着層 10d（例えば、高分子材料に溶剤と Ag 粉末等の導電性粉末を分散・配合した導電性接着剤の塗布により形成されるもの）を介して粘着接合することも可能である。いずれの場合も、結合用金属層 10b を Au 層ではなく、Ag 系金属層として形成することもできる。

【0049】

また、図 5 に示すように、基板 7 と発光層部 24 との双方に Ag 系金属層（例えば Ag 層）10'，10' を形成し、これらを直接拡散熱処理により接合することも可能である。基板 7 側の接合層 31' は例えば Ag-Sb で構成する。この場合、2 つの Ag 系金属層は接合により一体化し、金属層 10 の全体が単一の Ag 系反射金属層となる。なお、この熱処理は、Si 基板を用いる場合、Ag-Si の共晶温度（840℃）以下にて行なうことが望ましく、例えば前述のアロイ層形成のための熱処理と同じ温度域（250℃以上500℃以下）を採用することができる。Ag 系金属層 10' ではなく Au 系金属層を用いる場合は、Au と Si との共晶温度が低いため、図 5 の接合層 32 をアロイ層とするためのシンター処理を、Au 系金属層の形成前に行なう必要があったが、Ag 系金属層 10' の場合は、上記のように Ag と Si との共晶温度が高いため、Ag 系金属層 10' の形成後にシンター処理を行なうことも十分可能である。さらに、2 つの Ag 系金属層 10'，10' を接合する熱処理を、シンター処理に兼用させてもよい。

【0050】

さらに、図6に示すように、Ag系反射金属層10aを、該Ag系反射金属層10aと接する保護金属層10eを介して発光層部24に接合することもできる。具体的には、発光層部24側にAgGeNi接合層32を形成しておき、他方、基板7の主表面には、Ag系反射金属層10aとAu層よりなる保護金属層10eとを、この順序にて形成する。そして、発光層部24の主表面に、保護金属層10eで覆われたAg系反射金属層10aを重ね合わせて熱処理し、接合を行なう。Si基板を用いる場合、該熱処理はAg-Siの共晶温度（840℃）以下にて行なうことが望ましく、AgGeNi接合層32によるアロイ層形成の熱処理に兼用させることも可能である。保護金属層10eの厚さtを0.5nm以上15nm以下にすることで、発光層部24からの光は、保護金属層10eが介在しているにもかかわらず、Ag系反射金属層10aにて良好な反射率にて反射され、保護金属層10による吸収の影響も小さい。なお、AgGeNi接合層32上にAu層32cをごく薄く、例えば1nm以上10nm以下に形成しておけば、Au系の保護金属層10eとの接合強度を高めることができる。

【0051】

また、図1に一点鎖線で示すように、反射金属層10aと発光層部24とを、透明導電性酸化物層（例えばITO（Indium Tin Oxide）層）30を介して接合することもできる。この場合、AgGeNi接合層32を省略することもできる。

【0052】

次に、図7に示すように、Ag系反射金属層10aを、該Ag系反射金属層10aの側からこの順序で互いに接して配置される、結合用金属層をなす第一Au系層10bと第二Au系層10cとを介してSi基板（素子基板）7と結合した構造とすることもできる。この場合の製造工程を図8に示す。工程1は、既に説明済みの図2と同じである。次に、工程2に示すように、発光層部24の主表面に、AgGeNi接合層32を分散形成し、さらに350℃以上660℃以下の温度域で合金化熱処理を行なった後、Ag系反射金属層10aをAgGeNi接

合層 32 を覆うように形成する。また、該 Ag 系反射金属層 10a 上に重ねて Au 系結合用金属層となる第一 Au 系層 10b を形成する。

【0053】

他方、工程 3 に示すように、別途用意した Si 単結晶基板 7 (n 型) の両方の主表面に基板側接合層となる Au Sb 接合層 31, 16 (Au Sn 接合層でもよい) を形成し、250℃以上 359℃以下の温度域で合金化熱処理を行なう。そして、Au Sb 接合層 31 上には Au 系結合用金属層となる第二 Au 系層 10c を、Au Sb 接合層 16 上には裏面電極層 15 (例えば Au 系金属よりなるもの) をそれぞれ形成する。以上の工程で各金属層は、スパッタリングあるいは真空蒸着等を用いて行なうことができる。

【0054】

そして、工程 4 に示すように、Si 単結晶基板 7 側の第二 Au 系層 10c を、発光層部 24 上に形成された第一 Au 系層 10b に重ね合わせて圧迫して、180℃よりも高温かつ 360℃以下、例えば 250℃にて貼り合せ熱処理することにより、基板貼り合わせ体 50 を作る。Si 単結晶基板 7 は、第一 Au 系層 10b 及び第二 Au 系層 10c を介して発光層部 24 に貼り合わせられる。また、第一 Au 系層 10b と第二 Au 系層 10c とは、上記貼り合せ熱処理を採用することにより十分な強度にて結合される。第一 Au 系層 10b 及び第二 Au 系層 10c は、いずれも酸化しにくい Au を主体に構成されているため、上記貼り合せ熱処理は、例えば大気中でも問題なく行なうことができる。

【0055】

続く工程 5 における、基板貼り合わせ体 50 からの GaAs 単結晶基板 1 の剥離は、図 2 と同様の工程にて行なうことができる。他方、AlAs 剥離層 3 に代えて AlInP よりなるエッチストップ層を形成しておき、GaAs に対して選択エッチング性を有する第一エッチング液 (例えばアンモニア/過酸化水素混合液) を用いて GaAs 単結晶基板 1 (発光層成長用基板) を GaAs バッファ層 2 とともにエッチング除去し、次いで AlInP に対して選択エッチング性を有する第二エッチング液 (例えば塩酸: Al 酸化層除去用にフッ酸を添加してもよい) を用いてエッチストップ層をエッチング除去する工程を採用することもでき

る。このように、発光層成長用基板を全てエッチングにより除去することも、「剥離」の概念に属するものとする。

【0056】

上記のように発光層成長用基板をエッチングにより剥離（除去）する際に、そのエッチング液によりA g系反射金属層10 aが腐食を受ける可能性がある場合は、次のようにするとよい。すなわち、工程3に示すように、反射金属層をなすA g系反射金属層10 aと接する第一A u系層10 bを、第一A u系層10 bの外周縁よりもA g系反射金属層10 aの外周縁が内側に位置するように、A g系反射金属層10 aよりも大面積にて形成する。これにより、A g系反射金属層10 aは第一A u系層10 bに包まれる形となり、A g系反射金属層10 aの外周面が、耐食性の高い第一A u系層10 bの外周縁部10 eにより保護されるので、工程5において、発層成長用基板（GaAs単結晶基板1）をエッチングしても、その影響がA g系反射金属層10 aに及びにくくなる。GaAs単結晶基板1を発光層成長用基板として用い、これをアンモニア／過酸化水素混合液をエッチング液として用いて溶解・除去する場合、A gは該エッチング液に特に腐食されやすいが、上記の構造を採用すれば、問題なくGaAs単結晶基板1を溶解除去できる。

【0057】

以上の実施形態ではA g系反射金属層10 aを用いていたが、A g系反射金属層10 aに代えて、Ru、Rh、Re、Os、Ir及びPtのいずれかを主成分とする反射金属層（例えばPt系反射金属層）を形成してもよい。さらに、電流拡散層20に代えて、ITO層等の透明導電性酸化物層を形成し、その上に電極9（ボンディングパッド）を配置してもよい。

【0058】

また、以上の実施形態では、発光層部24の各層をAlGaInP混晶にて形成していたが、該各層（p型クラッド層6、活性層5及びn型クラッド層4）をAlGaInN混晶により形成することもできる。発光層部24を成長させるための発光層成長用基板は、GaAs単結晶基板に代えて、例えばサファイア基板（絶縁体）が使用される。サファイア基板上にGaNバッファ層を介してAlG

a I n N 混晶よりなる発光層部が形成されている場合、サファイア基板の裏面側からエキシマレーザーを照射することにより G a N バッファ層が溶解し、サファイア基板を剥離除去することができる。発光層部 24 の発光波長が 450 nm 以上 580 nm 以下のとき、A g 系反射金属層 10 a と A g G e N i 接合層 32 とを採用することによる、青色ないし緑色系の光の反射率向上効果が大きい。

【0059】

また、発光層部 24 の各層は、上記実施形態では、基板側から n 型クラッド層 4、活性層 5 及び p 型クラッド層 6 の順になっていたが、これを反転させ、基板側から p 型クラッド、活性層及び n 型クラッド層の順に形成してもよい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の発光素子の一実施形態を積層構造にて示す模式図。

【図 2】

本発明の発光素子の製造工程の一例を示す説明図。

【図 3】

本発明の発光素子の製造工程の第一変形例を、それにより得られる発光素子の構造の要部と共に示す説明図。

【図 4】

本発明の発光素子の製造工程の第二変形例を、それにより得られる発光素子の構造の要部と共に示す説明図。

【図 5】

本発明の発光素子の製造工程の第三変形例を、それにより得られる発光素子の構造の要部と共に示す説明図。

【図 6】

本発明の発光素子の製造工程の第四変形例を、それにより得られる発光素子の構造の要部と共に示す説明図。

【図 7】

本発明の発光素子の変形例を積層構造にて示す模式図。

【図 8】

図 7 の発光素子の製造工程の一例を示す説明図。

【図 9】

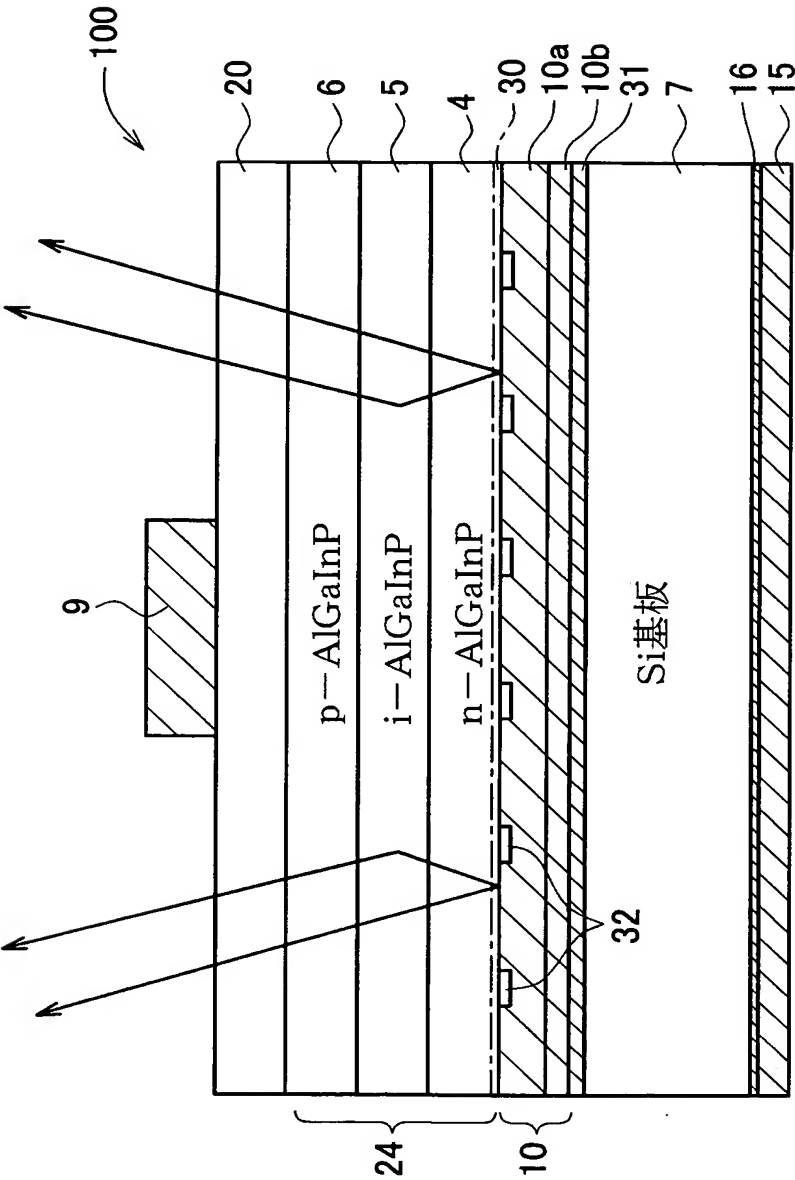
種々の金属の反射スペクトルを示す図。

【符号の説明】

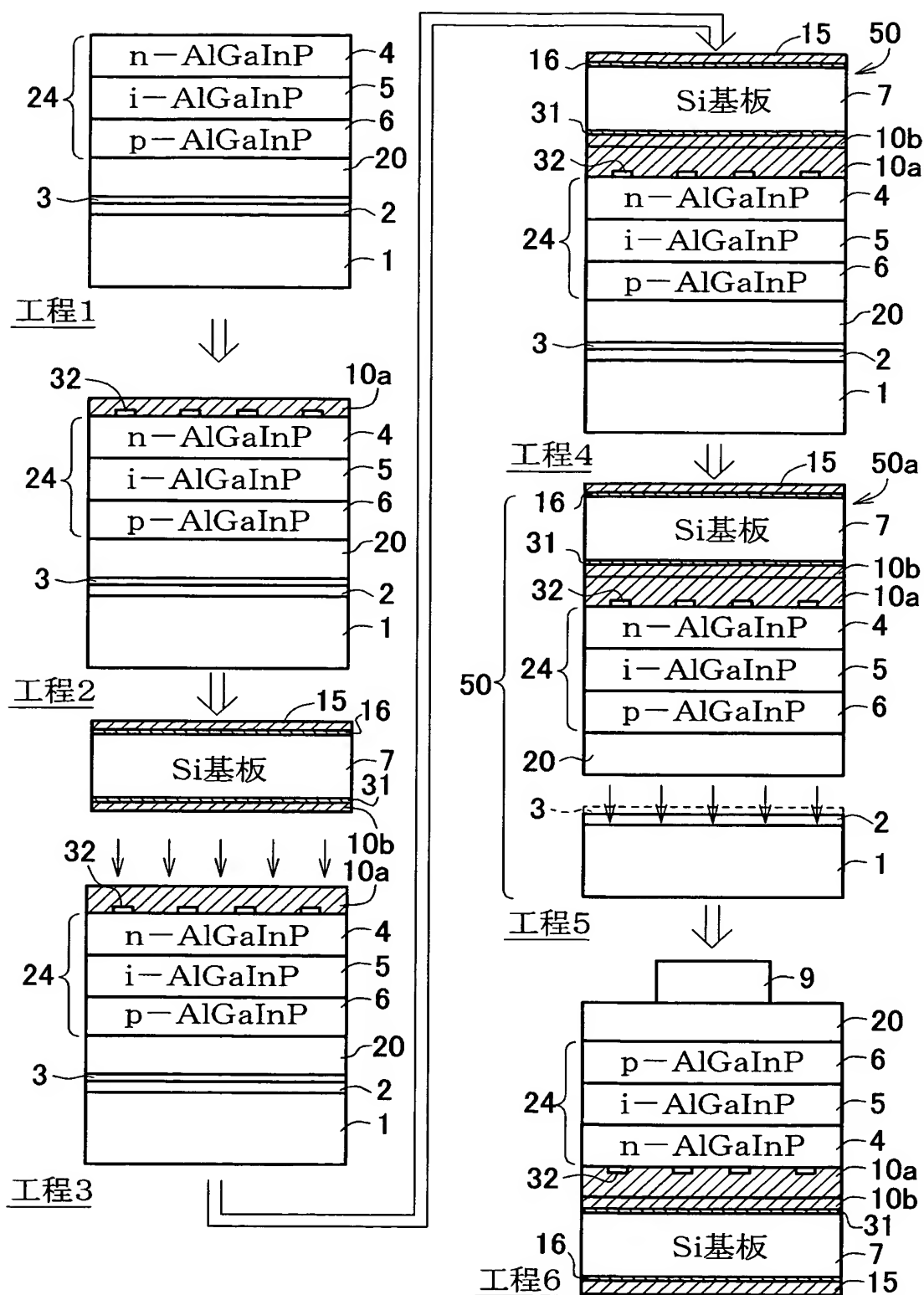
- 1 GaAs 単結晶基板 (発光層成長用基板)
- 4 n 型クラッド層 (第二導電型クラッド層)
- 5 活性層
- 6 p 型クラッド層 (第一導電型クラッド層)
- 7 Si 単結晶基板 (素子基板)
- 9 金属電極
- 10 金属層
- 10a Ag 系反射金属層 (反射金属層)
- 10b, 10c Au 系結合用金属層 (結合用金属層)
- 24 発光層部
- 32 AgGeNi 接合層
- 100 発光素子

【書類名】 図面

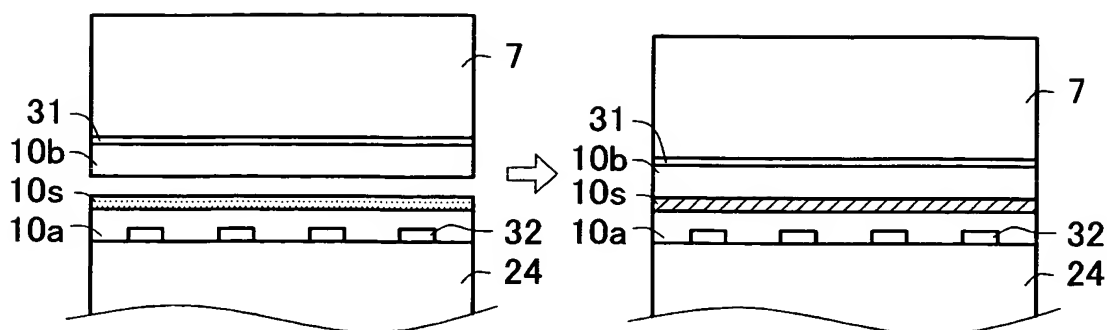
【図1】



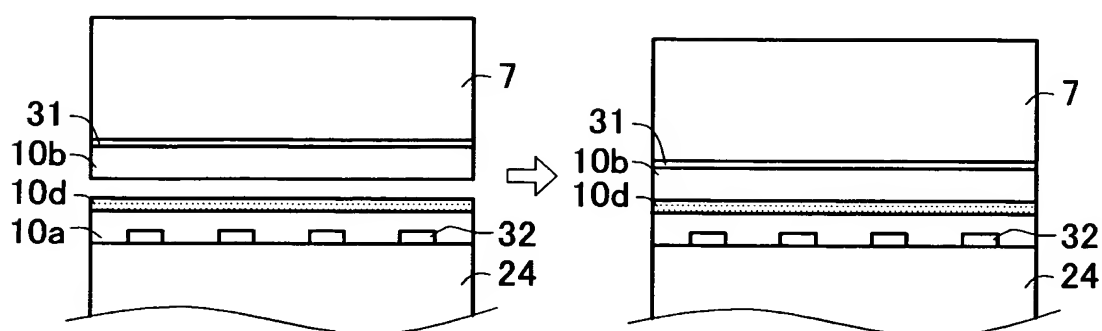
【図2】



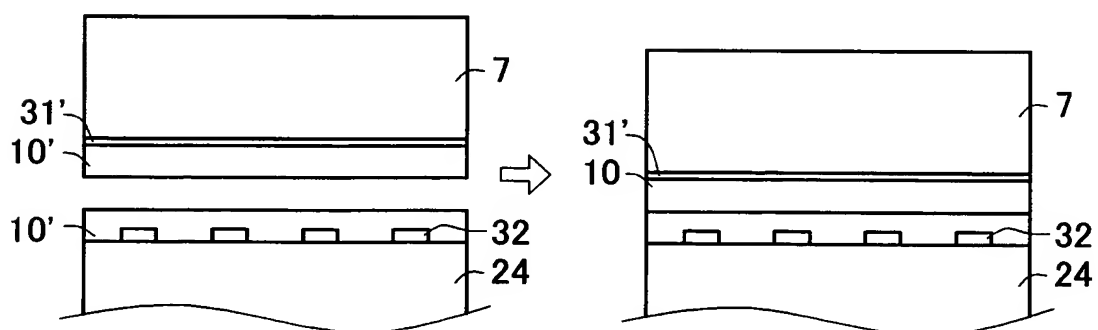
【図 3】



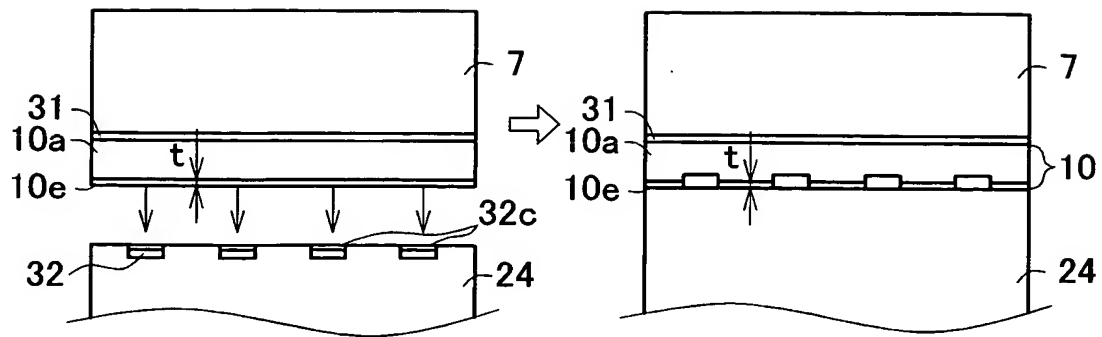
【図 4】



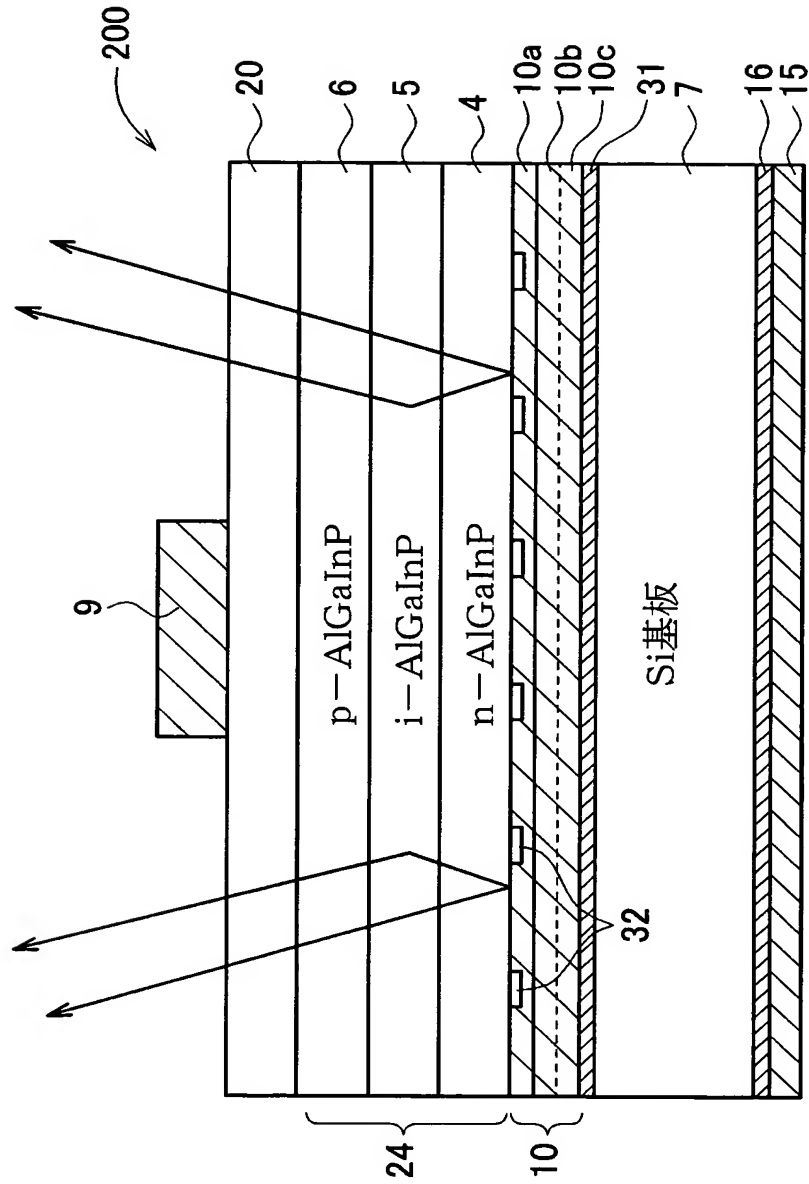
【図 5】



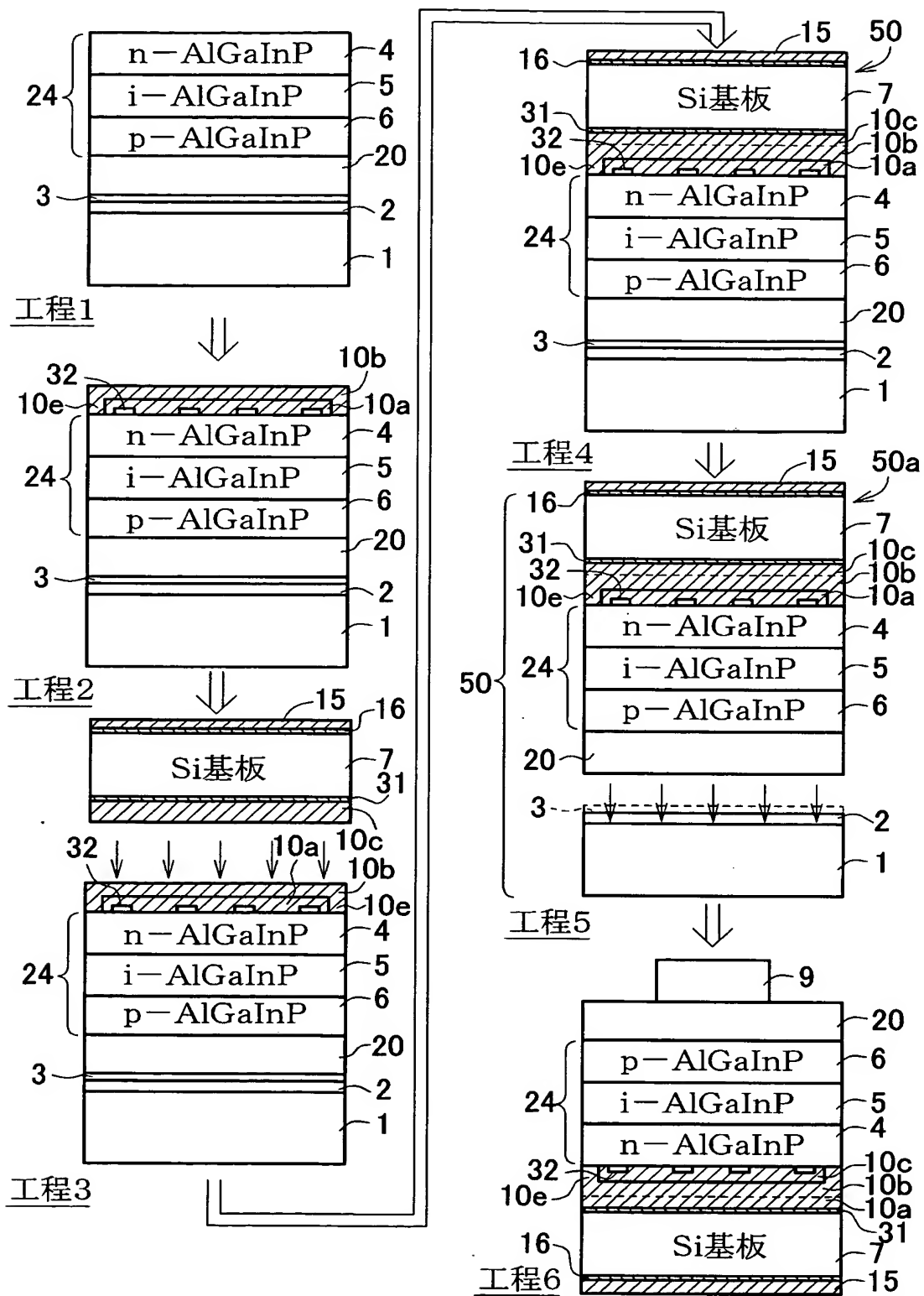
【図 6】



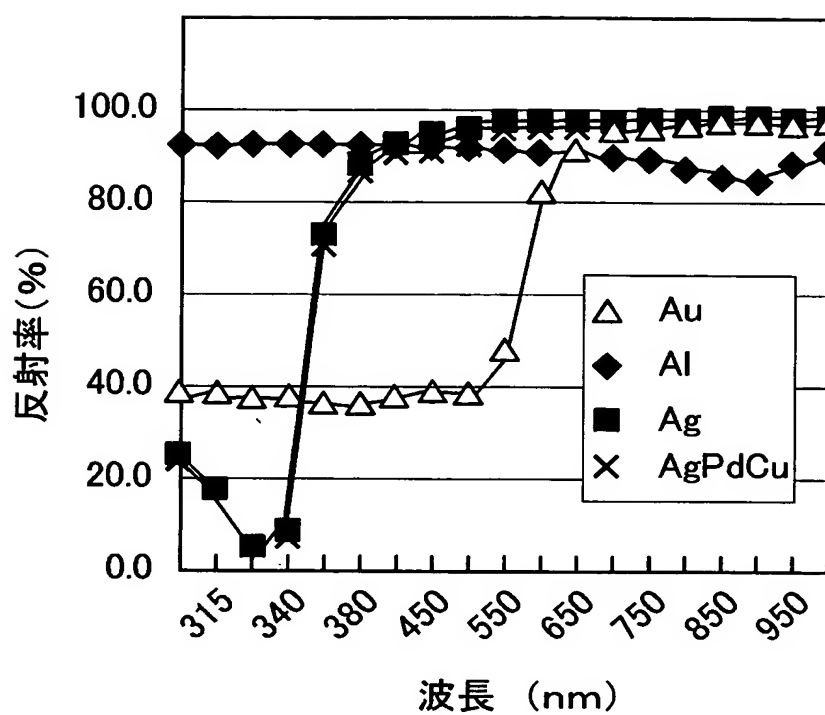
【図 7】



【図8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 反射金属層を用いた発光素子において、光取出効率が高く、しかも、波長依存性が小さい発光素子を提供する。

【解決手段】 化合物半導体よりなる発光層部 24 の一方の主表面を光取出面とし、該発光層部 24 の他方の主表面側に素子基板 7 が結合される。また、素子基板 7 と発光層部 24 との間には、発光層部 24 からの光を光取出面側に反射させる Ag 系反射金属層 10a を介在させる。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 2 5 1 4 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 1 9 0 1 4 9]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 1 丁目 4 番 2 号

氏 名

信越半導体株式会社